

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Jc511 U.S. PTO  
09/343864  
06/30/99

In re Application of:

Alicja Borysowicz et al.

Serial No. To be assigned

Art Unit: To be assigned

Filed: Herewith

Examiner: To be assigned

For: APPARATUS FOR  
CONTROLLING GLASS  
MELTING AND/OR  
REFINING FURNACES

Atty Docket: 1029/182

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT(S)

and

CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Priority under 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed to the following priority document(s), certified copies of which are enclosed. The documents were filed in a foreign country within the proper statutory period prior to the filing of the above-referenced United States patent application.

Country

Priority Document Serial No.

Filing Date

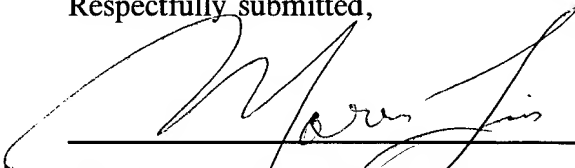
France

98 09706

July 29, 1998

Acknowledgement of this claim and submission in the next official communication is respectfully requested.

Respectfully submitted,



Morris Liss, Reg. No. 24,510  
Pollock, Vande Sande & Amernick, R.L.L.P.  
1990 M Street, N.W.  
Washington, D. C. 20036-3425  
Telephone: 202-331-7111

Date: 6/30/99





# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **18 MAI 1999**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

29. JUL 1998

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75

98 09706 -

DATE DE DÉPÔT

29/7/98

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande de brevet européen

☒ demande initiale

☐ brevet d'invention

☐ certificat d'utilité n°

date

Établissement du rapport de recherche

☒ différé ☐ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☒ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

"Dispositif de conduite des fours de fusion et/ou d'affinage de verre"

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

STEIN HEURTEY

Forme juridique

Nationalité (s) Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

Z.A.I. du Bois de l'Epine

91130 RIS ORANGIS

FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

Mandataire : Chantal PEAUCELLE

n° 92-1189

*Chantal Peaucelle*

*[Signature]*

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

98 097 06

TITRE DE L'INVENTION : " Dispositif de conduite des fours de fusion et/ou  
d'affinage de verre "

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)      Alain ARMENGAUD  
Cabinet ARMENGAUD AINE  
3, avenue Bugeaud  
75116 PARIS

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

- Mme BORYSOWICZ Alicja - 34, rue Mathilde - 91000 EVRY
- Mr LEPERT Stéphane - 7, Allée Lavoisier - 91420 MORANGIS

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

*le 27.08.1998*



# DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDEICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
Modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
7, 89, 11				13/11/98	C R / 18 NOV. 1998

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

5 La présente invention concerne le contrôle des fours de fusion de verre en vue d'en automatiser le fonctionnement, y compris lors des transitoires, d'améliorer la qualité du verre produit et de réduire les consommations de combustibles ainsi que la quantité de rejets de polluants. Cette invention peut s'appliquer à tout type de fours de fusion et/ou d'affinage de verre : à chauffage à flammes, à boucle ou  
10 flammes transversales, à chauffage électrique ou mixte (flamme + électrique) et à tout type de verre produit.

La présente invention se propose donc d'apporter un dispositif de conduite et de contrôle de la fusion et/ou de l'affinage du mélange vitrifiable du type régulation floue conçu de façon à réaliser automatiquement tout ou partie de l'ensemble des  
15 opérations de contrôle des paramètres de fonctionnement du four ainsi que tout ou partie de l'ensemble des opérations de commande des actionneurs de commande des équipements du four, à partir des stratégies qui seraient mises en oeuvre par un opérateur réalisant manuellement ces opérations.

On sait que le réglage d'un four de verrerie est une opération particulièrement  
20 délicate et complexe notamment en raison du nombre très important de paramètres intervenant dans la conduite du four et de la grande inertie de ces fours ainsi que de l'évolution très lente des paramètres et des phénomènes intervenant dans le contrôle de la fusion et/ou de l'affinage du verre.

Il en résulte que la conduite des fours de verrerie reste le plus souvent  
25 empirique, se limitant généralement à l'ajustement des températures de la voûte du four par des actions manuelles sur des dispositifs de contrôle agissant sur les actionneurs de commande des équipements de chauffage du four, de refroidissement ou sur les équipements d'alimentation en mélange vitrifiable. Ces actions font généralement appel à l'expérience de l'opérateur ainsi qu'à l'analyse  
30 qu'il réalise du comportement du four et du bain de verre qu'il contient, en particulier de son estimation visuelle des conditions dans lesquelles s'effectue la fusion et/ou l'affinage de la composition de verre à l'intérieur du four.

Il résulte de cet empirisme que le principe de prise de décision pour des actions à engager en regard d'une situation donnée du four est difficile à formaliser.



Afin de résoudre ce problème, les opérateurs dressent généralement des tables présentant l'état de l'ensemble des paramètres mesurables du four, dans une configuration de production donnée, afin de tenter de reproduire ces paramètres dans une situation de production analogue. Le nombre de paramètres en jeu ainsi  
5 que l'absence de la connaissance de leurs relations ou imbrications rendent cette opération complexe lors du fonctionnement stabilisé du four. Elle est encore plus difficile lors des transitoires, tels que changement de production ou changement de teinte par exemple. On conçoit que la conduite d'un four de verrerie ne peut être effectuée que par des opérateurs qualifiés et disposant d'une grande expérience.

10 Les décisions prises dépendent donc souvent de l'expérience ou des habitudes de chaque opérateur et il en résulte que toute généralisation des principes de la conduite du four est extrêmement difficile. Les opérateurs, dans leur conduite du four, se réservent un coefficient de sécurité par rapport aux conditions de fonctionnement optimales de manière à ne pas risquer une dégradation de la  
15 qualité du verre, ce processus se traduisant par une limitation du rendement ou des performances du four.

Le mode manuel de conduite du four de verrerie se révèle encore plus limité lors de la gestion des transitoires qui correspondent à des changements de tonnage du four ou à des changements de type ou de couleur du verre ou autres.

-- 20 On se réfère maintenant à la figure 1 des dessins annexés qui représentent de façon schématique, en perspective et avec arrachement partiel, un exemple de réalisation d'un four de fusion de verre auquel peut s'appliquer la présente invention.

-- Ce four, de façon connue, est constitué principalement d'une cuve 1, en  
25 matériaux réfractaires, dans laquelle est fondu le verre 2. Cette cuve comporte des parois latérales 3 en matériaux réfractaires ainsi qu'une voûte 4. Le chauffage de l'enceinte du four est assuré à l'aide de brûleurs 5 qui sont implantés sur l'une au moins des parois du four.

30 Le verre fondu et affiné est conditionné en température dans une zone du four généralement dénommée avant-bassin 6 puis il est distribué vers des équipements de mise en forme schématisés par la référence 7 qui peuvent être de tout type connu notamment machines de formage de verre creux (bouteilles), équipement de

mise en forme de la feuille de verre en vue de l'obtention de verre plat (verre à vitre).

Le mélange vitrifiable est introduit dans le four par l'intermédiaire d'un ou plusieurs dispositifs du type enfourneuse 8, implantés sur une ou plusieurs des parois du four, ces dispositifs déposant et poussant le mélange vitrifiable à la surface du verre fondu, sous la forme de mottes indépendantes ou d'un tapis 9 de composition déterminée.

Les parois 3 du four comportent en outre un certain nombre d'ouvertures (non représentées sur le dessin) afin de permettre aux opérateurs d'observer la fusion du verre dans l'enceinte du four, la forme des flammes du brûleur, le développement de la composition à la surface du bain de verre, le fonctionnement des bouillonneurs, etc.

Le four comporte en outre un certain nombre de capteurs et de moyens de détection pour mesurer les paramètres de fonctionnement du four et de ses équipements périphériques tels que l'avant-bassin 6, les circuits de carburants et de comburants, les circuits de fumées, les circuits de refroidissement, tous les circuits de fluide ainsi que les positions des actionneurs (vannes de régulation, variateurs de puissance électrique, etc.), organes de contrôle de position et autres. Les valeurs ainsi mesurées correspondent à chaque état de la grandeur ou du paramètre observé (températures, débits, pressions, vitesses, positions ...).

Partant de cet état de la technique, la présente invention se propose d'apporter un dispositif de contrôle et de conduite de la fusion et/ou de l'affinage du mélange vitrifiable dans un four de fusion du verre, qui réalise de façon automatique tout ou partie de l'ensemble des opérations de contrôle des paramètres de fonctionnement du four ainsi que tout ou partie de l'ensemble des opérations de commande des actionneurs du four, à partir des stratégies qui seraient mises en oeuvre par un opérateur réalisant manuellement ces opérations. Le dispositif objet de la présente invention est caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif d'analyse et de contrôle du type régulateur flou utilisant un algorithme de commande de type logique floue qui reçoit l'ensemble des informations relatives au fonctionnement du four provenant des capteurs et des moyens de détection prévus sur ce four ainsi que les valeurs de consigne introduites

manuellement par les opérateurs, cet algorithme de commande délivrant des signaux de commande aux divers actionneurs et moyens de contrôle du four et,

- un système prédictif du type neuronal et/ou flou qui, en fonction de l'état initial du four et de ses paramètres et de la modification de l'un au moins desdits paramètres, détermine l'évolution prévisionnelle dans le temps de l'état du four et de ses paramètres, cette évolution prévisionnelle de l'état du four étant utilisée comme donnée d'entrée du régulateur flou qui détermine les nouvelles valeurs de consigne des actionneurs du four nécessaires pour maintenir un fonctionnement optimum du four compatible avec les objectifs définis.

Cette évolution prévisionnelle de l'état du four et de ses paramètres fait partie des données d'entrée du régulateur du type logique floue qui va déterminer les consignes devant être appliquées aux différents actionneurs de commande et de contrôle des équipements du four afin de maintenir les objectifs définis par l'opérateur tels que par exemple, les températures de voûte ou la qualité du verre produit.

Selon un mode de réalisation du dispositif de contrôle objet de la présente invention, ce dernier comporte en outre un dispositif d'apprentissage ou de calcul qui est utilisé durant la phase d'apprentissage du système prédictif de type neuronal et/ou flou, c'est-à-dire durant la phase d'acquisition des lois de fonctionnement du four. Selon l'invention, ce dispositif d'apprentissage, de détermination ou de calcul met en oeuvre un modèle de calcul du type modèle numérique permettant de définir les lois régissant le fonctionnement du four, soit à partir de l'apprentissage de ce système prédictif, sur le four proprement dit, soit par simulation du fonctionnement du four à l'aide d'un modèle mathématique.

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif objet de l'invention, ce dernier comporte en outre, un moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four, opérant dans le spectre visible, infrarouge ou autre, pouvant être constitué par un système de caméras vidéo positionné dans le four pour observer des zones correspondant à un phénomène lié à la fusion et/ou à l'affinage du verre, les images ainsi obtenues étant ensuite traitées de manière à obtenir des informations relatives au phénomène observé, ces informations étant mises en forme en vue d'être introduites comme données d'entrée de l'algorithme de conduite du four afin de contrôler et de réguler le phénomène observé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-après en référence au dessin annexé qui en illustre un mode de réalisation donné à titre d'exemple dépourvu de tout caractère limitatif.

Sur le dessin :

5 - La figure 1 est une vue schématique en perspective avec arrachement partiel représentant un exemple d'un four de fusion de verre, décrit ci-dessus, auquel peut s'appliquer la présente invention et,

- La figure 2 est un schéma fonctionnel illustrant le dispositif de contrôle objet de la présente invention.

10 Ainsi qu'on l'a précisé ci-dessus, le dispositif selon l'invention apporte un système de conduite et de contrôle de la fusion et/ou de l'affinage du mélange vitrifiable permettant de réaliser automatiquement en totalité ou en partie les opérations de contrôle des paramètres de fonctionnement du four et de commande de ses actionneurs à partir des stratégies mises en oeuvre par un opérateur  
15 réalisant manuellement ces opérations.

Selon ce dispositif, on met en oeuvre :

- un dispositif d'analyse et de contrôle du type régulateur flou et,
- un dispositif prédictif de type neuronal et/ou flou.

20 Ce dispositif peut en outre comporter un système d'apprentissage ou de calcul de type modèle mathématique et un dispositif d'acquisition de traitement de l'image de l'intérieur du four.

Ainsi qu'on le comprend, le dispositif de contrôle objet de la présente invention repose sur un algorithme de commande de type logique floue qui reçoit les informations suivantes (cette énumération n'est nullement limitative) :

- 25 - Les informations de températures obtenues à partir de capteurs de températures implantés dans ou sur le four de fusion de verre ;
- les informations relatives aux débits et aux pressions des différents fluides utilisés par le four (carburant, comburant, fumées ainsi que leurs compositions, refroidissement , électricité) ainsi que les mesures de consommation pour chaque
- 30 fluide, toutes ces informations étant délivrées par des capteurs ou des dispositifs de détection prévus dans ou sur le four) ;

- les informations concernant la position des différents actionneurs du four (vannes de régulation, variateurs de puissance électrique, débit de composition, etc);

- les informations des capteurs et fin de course des équipements du four ;

5 - les valeurs de consignes qui sont introduites manuellement par les opérateurs dans le système de conduite du four ;

- les informations relatives à la qualité du verre produit, qui peuvent être saisies en tout point du processus de fabrication ;

10 - les informations du réseau neuronal ainsi qu'on le décrira en détails ci-après et,

- les informations provenant de l'analyse des images de l'intérieur du four ainsi qu'on le précisera ci-après.

L'algorithme de commande du régulateur flou délivre des signaux de commande notamment des éléments suivants (sans que cette énumération ait un caractère limitatif) :

15 - les équipements de combustion (brûleurs avec leurs équipements d'alimentation en carburant et en comburant) ;

- les équipements de chauffage ou d'appoint électriques ;

- les dispositifs d'affinage du verre (bouillonneurs, « boosting » ...) ;

20 - les systèmes du contrôle du four.

Les données de sortie de cet algorithme sont délivrées en fonction du traitement des informations d'entrée mentionnées ci-dessus et ce traitement est réalisé selon les principes de la logique floue en fonction des besoins spécifiques du système et selon les règles qui le régissent. Ces règles peuvent être soit

25 introduites manuellement lors de la programmation du système, soit acquises par la logique floue durant une phase d'apprentissage, directement sur le four à contrôler.

Ainsi qu'on le comprend, le régulateur flou recueille l'ensemble des informations relatives au fonctionnement du four et provenant des capteurs et des systèmes de détection prévus dans ce dernier, en utilisant un algorithme de logique

30 floue qui reproduit les principes et le savoir faire des opérateurs afin de déterminer l'actionneur ou la combinaison d'actionneurs du four la plus appropriée sur lequel il faut agir pour optimiser la conduite du four.

Le système prédictif de type neuronal et/ou flou permet, en fonction de l'état instantané du four et de modifications programmées d'un au moins de ses paramètres, de déterminer l'état correspondant du four dans les heures qui suivent l'application de ces modifications. En d'autres termes, ce système permet, en fonction de l'état du four et des informations relatives à l'évolution de la production dans le temps, de déterminer, de façon prédictive, l'évolution de l'état du four ainsi que les valeurs que prendront ses divers paramètres pour cette étape.

Ainsi, en fonction de l'évolution prévisionnelle des paramètres décrivant l'état du four, ledit système prédictif va définir les différentes valeurs de consigne devant être attribuées à l'ensemble des actionneurs du four afin d'assurer un fonctionnement optimal de ce dernier pour chaque phase de production. En fonction des différents paramètres des productions à réaliser, ce système prédictif détermine les évolutions des valeurs des différentes consignes de manière à optimiser les phases transitoires. Cette optimisation tient compte des exigences du four, exigences relatives notamment à la qualité du produit fini, aux régimes de fonctionnement du four, comprises entre les limites de sécurité de ses composants, aux valeurs de consommation des différentes énergies nécessaires au fonctionnement du four, aux rejets de polluants, aux disponibilités des matières premières, etc.

L'ensemble de ces contraintes est pris en compte par ce système prédictif lequel, en fonction des possibilités du four telles que définies, détermine la stratégie de conduite optimale qui est matérialisée par des valeurs de consigne prévisionnelles à affecter aux différents actionneurs du four. Ces valeurs de consigne constituent des données d'entrée pour l'algorithme de logique floue de conduite du four.

Le dispositif de contrôle objet de l'invention peut également comporter un dispositif d'apprentissage, de détermination ou de calcul qui est utilisé durant la phase d'apprentissage du système prédictif de type neuronal et/ou flou, c'est-à-dire durant la phase d'acquisition des lois de fonctionnement du four. Ce dispositif qui peut utiliser un modèle de calcul de type modèle numérique permet de définir les lois régissant le fonctionnement du four soit à partir de l'apprentissage du système prédictif, sur le four proprement dit, soit par simulation du fonctionnement de ce four à l'aide d'un modèle mathématique.

Parmi les informations délivrées à l'algorithme de commande du régulateur flou, figurent celles relatives à l'image de l'intérieur du four. Selon l'un de ces aspects, le dispositif de contrôle objet de cette invention comporte des moyens d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four. Dans ce but, l'intérieur du four est scruté par un dispositif d'acquisition d'images pouvant être constitué par une ou plusieurs caméras vidéo opérant dans le spectre visible, infra-rouge ou autres. Ces caméras sont positionnées dans les parois ou dans la voûte du four afin de surveiller une ou plusieurs zones correspondant à un phénomène lié à la fusion et/ou à l'affinage du verre. Ces phénomènes peuvent être :

- la répartition de la composition introduite dans le four, de la position des mottes, de leur vitesse ainsi que tout autre paramètre lié à l'aspect de la fusion de la composition à la surface du bain de verre ;

- le fonctionnement des brûleurs, notamment la forme et la répartition des flammes de ces derniers à l'intérieur du four ;

- le mouvement des courants de convection dans le bain de verre ;

- l'usure des réfractaires composant la cuve du four, les parois ou la voûte ;

- le fonctionnement des bouillonneurs ;

- tout phénomène pouvant être observé à l'intérieur du four.

Les images ainsi obtenues sont traitées par l'électronique ou l'informatique de façon à permettre l'extraction d'informations relatives au phénomène observé. Ces informations sont mises en oeuvre de manière qu'elles puissent être introduites comme données d'entrée de l'algorithme de conduite du four afin de contrôler et de réguler le phénomène observé, ce qui permet ainsi d'effectuer une analyse automatique des phénomènes se développant à l'intérieur du four dans la partie fusion et/ou affinage du verre.

Les possibilités du calculateur sont utilisées pour intégrer le traitement de nombreux paramètres spécifiques au processus de fusion et/ou d'affinage du verre, ce qui est actuellement impossible dans les méthodes manuelles de conduite des fours de verrerie.

Parmi les avantages apportés par la présente invention, le dispositif de conduite automatique des fours objet de l'invention, on peut citer notamment les suivants :

- la conduite des fours est rendue indépendante de la perception subjective des opérateurs ou de leur expérience ;

- prise en compte de l'intégralité des paramètres du processus de fusion du verre ainsi que de l'interaction de ces divers paramètres ;

5 - optimisation de la conduite des fours ;

- meilleure stabilité du fonctionnement des fours ;

- meilleur contrôle des transitoires ;

- meilleur contrôle de la combustion, donc des consommations et des rejets de polluants ;

10 - meilleur contrôle de la flamme des brûleurs ;

- meilleur contrôle de la répartition de la distribution de la puissance dans les différentes zones du four, donc de l'affinage du verre ;

- optimisation de la répartition entre les différentes sources d'énergie sur le four, par exemple entre les énergies d'origine fossile et électrique ;

15 - meilleure utilisation des outils d'affinage du verre, tels que les bouillonneurs ou les « boostings » électriques d'affinage ;

- limitation des usures des réfractaires grâce au contrôle des courants de convection dans le verre, ce qui permet d'augmenter les durées des campagnes des fours ;

20 - meilleur contrôle de la qualité du produit fini et amélioration de la qualité de ce dernier ;

- meilleure répétabilité des réglages du four pour des productions équivalentes ;

- réduction des consommations d'énergie et,

25 - réduction des rejets de polluants dans l'atmosphère.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits et/ou représentés ici mais qu'elle en englobe toutes les variantes entrant dans le cadre de l'invention tel que défini par les revendications annexées.



## REVENDICATIONS

1 - Dispositif de conduite et de contrôle de la fusion et/ou de l'affinage du  
5 mélange vitrifiable dans un four de fusion du verre, qui réalise de façon automatique  
tout ou partie de l'ensemble des opérations de contrôle des paramètres de  
fonctionnement du four ainsi que tout ou partie de l'ensemble des opérations de  
commande des actionneurs du four, à partir des stratégies qui seraient mises en  
oeuvre par un opérateur réalisant manuellement ces opérations, ce dispositif étant  
10 caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif d'analyse et de contrôle du type régulateur flou utilisant un  
algorithme de commande de type logique floue qui reçoit l'ensemble des  
informations relatives au fonctionnement du four provenant des capteurs et des  
15 moyens de détection prévus sur ce four ainsi que les valeurs de consigne introduites  
manuellement par les opérateurs, cet algorithme de commande délivrant des  
signaux de commande aux divers actionneurs et moyens de contrôle du four et,

- un système prédictif du type neuronal et/ou flou qui, en fonction de l'état  
initial du four et de ses paramètres et de la modification de l'un au moins desdits  
paramètres, détermine l'évolution prévisionnelle dans le temps de l'état du four et de  
20 ses paramètres, cette évolution prévisionnelle de l'état du four étant utilisée comme  
donnée d'entrée du régulateur flou qui détermine les nouvelles valeurs de consigne  
des actionneurs du four nécessaires pour maintenir un fonctionnement optimum du  
four compatible avec les objectifs définis.

2 - Dispositif de contrôle selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il  
25 comporte en outre un dispositif d'apprentissage ou de calcul qui est utilisé durant la  
phase d'apprentissage du système prédictif de type neuronal et/ou flou, c'est-à-dire  
durant la phase d'acquisition des lois de fonctionnement du four.

3 - Dispositif de contrôle selon la revendication 2 caractérisé en ce que le  
dispositif d'apprentissage ou de calcul utilise un modèle de calcul de type modèle  
30 numérique permettant de définir les lois régissant le fonctionnement du four, soit à  
partir de l'apprentissage dudit système prédictif, sur le four proprement dit, soit par  
simulation du fonctionnement du four à l'aide d'un modèle mathématique.

4 - Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comporte en outre, un moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four opérant dans le spectre visible, infrarouge ou autre, pouvant être constitué par une ou plusieurs caméras vidéo positionné(es) dans le four pour observer des zones correspondant à un phénomène lié à la fusion et/ou à l'affinage du verre, les images ainsi obtenues étant ensuite traitées de manière à obtenir des informations relatives au phénomène observé, ces informations étant mises en forme en vue d'être introduites comme données d'entrée de l'algorithme de conduite du four afin de contrôler et de réguler le phénomène observé.

5 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est utilisé pour l'analyse automatique de la répartition de la composition de verre introduite dans le four, de la position des mottes, de leur vitesse ainsi que des divers paramètres liés à l'aspect de la fusion de la composition à la surface du bain de verre.

6 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est utilisé pour l'analyse automatique du fonctionnement des brûleurs, notamment la forme et la répartition des flammes de ces derniers à l'intérieur du four.

7 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est utilisé pour l'analyse automatique du mouvement des courants de convection dans le bain de verre notamment en vue d'optimiser la fusion et/ou l'affinage dudit verre, d'en contrôler la qualité et de limiter l'usure des réfractaires composant la cuve de rétention dans le four de fusion de verre.

8 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est utilisé pour l'analyse automatique du fonctionnement des bouillonneurs.

9 - Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le système prédictif du type logique flou ou neuronal est conçu de façon à délivrer des informations utilisées par le régulateur flou pour la définition des consignes devant être appliquées aux différents actionneurs de commande et de contrôle des équipements du four, en fonction

notamment des modifications du programme de production ou des modifications des matières introduites dans le four.

Le système prédictif de type neuronal et/ou flou permet, en fonction de l'état instantané du four et des modifications des matières qui y sont introduites ou de modifications programmées d'un au moins de ses paramètres, de déterminer l'état correspondant du four dans les heures qui suivent l'application de ces modifications.

5 En d'autres termes, ce système permet, en fonction de l'état du four et des informations relatives à l'évolution de la production dans le temps, de déterminer, de façon prédictive, l'évolution de l'état du four ainsi que les valeurs que prendront ses divers paramètres pour cette étape.

10 Ainsi, en fonction de l'évolution prévisionnelle des paramètres décrivant l'état du four, ledit système prédictif va définir les différentes valeurs de consigne devant être attribuées à l'ensemble des actionneurs du four afin d'assurer un fonctionnement optimal de ce dernier pour chaque phase de production. En fonction des différents paramètres des productions à réaliser, ce système prédictif détermine les évolutions des valeurs des différentes consignes de manière à optimiser les  
15 phases transitoires. Cette optimisation tient compte des exigences du four, exigences relatives notamment à la qualité du produit fini, aux régimes de fonctionnement du four, comprises entre les limites de sécurité de ses composants, aux valeurs de consommation des différentes énergies nécessaires au fonctionnement du four, aux rejets de polluants, aux disponibilités des matières  
20 premières, etc.

L'ensemble de ces contraintes est pris en compte par ce système prédictif lequel, en fonction des possibilités du four telles que définies, détermine la stratégie de conduite optimale qui est matérialisée par des valeurs de consigne prévisionnelles à affecter aux différents actionneurs du four. Ces valeurs de  
25 consigne constituent des données d'entrée pour l'algorithme de logique floue de conduite du four.

Le dispositif de contrôle objet de l'invention peut également comporter un dispositif d'apprentissage, de détermination ou de calcul qui est utilisé durant la phase d'apprentissage du système prédictif de type neuronal et/ou flou, c'est-à-dire  
30 durant la phase d'acquisition des lois de fonctionnement du four. Ce dispositif qui peut utiliser un modèle de calcul de type modèle numérique permet de définir les lois régissant le fonctionnement du four soit à partir de l'apprentissage du système

prédictif, sur le four proprement dit, soit par simulation du fonctionnement de ce four à l'aide d'un modèle mathématique.

Parmi les informations délivrées à l'algorithme de commande du régulateur flou, figurent celles relatives à l'image de l'intérieur du four. Selon l'un de ces aspects, le dispositif de contrôle objet de cette invention comporte des moyens d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four. Dans ce but, l'intérieur du four est scruté par un dispositif d'acquisition d'images pouvant être constitué par une ou plusieurs caméras vidéo opérant dans le spectre visible, infra-rouge ou autres. Ces caméras sont positionnées dans les parois ou dans la voûte du four afin de surveiller une ou plusieurs zones correspondant à un phénomène lié à la fusion et/ou à l'affinage du verre. Ces phénomènes peuvent être :

- la répartition de la composition introduite dans le four, de la position des mottes, de leur vitesse ainsi que tout autre autre paramètre lié à l'aspect de la fusion de la composition à la surface du bain de verre ;

- le fonctionnement des brûleurs, notamment la forme et la répartition des flammes de ces derniers à l'intérieur du four ;

- le mouvement des courants de convection dans le bain de verre, notamment en vue d'optimiser la fusion et/ou l'affinage du verre, d'en contrôler la qualité et de limiter l'usure des réfractaires composant la cuve de rétention du verre dans le four ainsi que les parois ou la voûte de ce dernier ;

- le fonctionnement des bouillonneurs ;

- tout phénomène pouvant être observé à l'intérieur du four.

Les images ainsi obtenues sont traitées par l'électronique ou l'informatique de façon à permettre l'extraction d'informations relatives au phénomène observé. Ces informations sont mises en oeuvre de manière qu'elles puissent être introduites comme données d'entrée de l'algorithme de conduite du four afin de contrôler et de réguler le phénomène observé, ce qui permet ainsi d'effectuer une analyse automatique des phénomènes se développant à l'intérieur du four dans la partie fusion et/ou affinage du verre.

Les possibilités du calculateur sont utilisées pour intégrer le traitement de nombreux paramètres spécifiques au processus de fusion et/ou d'affinage du verre, ce qui est actuellement impossible dans les méthodes manuelles de conduite des fours de verrerie.

Parmi les avantages apportés par la présente invention, le dispositif de conduite automatique des fours objet de l'invention, on peut citer notamment les suivants :

- la conduite des fours est rendue indépendante de la perception subjective des opérateurs et de leur expérience ;

- prise en compte de l'intégralité des paramètres du processus de fusion du verre ainsi que de l'interaction de ces divers paramètres ;

- optimisation de la conduite des fours ;

- meilleure stabilité du fonctionnement des fours ;

- meilleur contrôle des transitoires ;

- meilleur contrôle de la combustion, donc des consommations et des rejets de polluants ;

- meilleur contrôle de la flamme des brûleurs ;

- meilleur contrôle de la répartition de la distribution de la puissance dans les différentes zones du four, donc de l'affinage du verre ;

- optimisation de la répartition entre les différentes sources d'énergie sur le four, par exemple entre les énergies d'origine fossile et électrique ;

- meilleure utilisation des outils d'affinage du verre, tels que les bouillonneurs ou les « boostings » électriques d'affinage ;

- limitation des usures des réfractaires grâce au contrôle des courants de convection dans le verre, ce qui permet d'augmenter les durées des campagnes des fours ;

- meilleur contrôle de la qualité du produit fini et amélioration de la qualité de ce dernier ;

- meilleure répétabilité des réglages du four pour des productions équivalentes ;

- réduction des consommations d'énergie et,

- réduction des rejets de polluants dans l'atmosphère.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits et/ou représentés ici mais qu'elle en englobe toutes les variantes entrant dans le cadre de l'invention.

4 - Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comporte en outre, un moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four opérant dans le spectre visible, infrarouge ou autre, pouvant être constitué par une ou plusieurs caméras vidéo positionné(es) dans le four pour observer des zones correspondant à un phénomène lié à la fusion et/ou à l'affinage du verre, les images ainsi obtenues étant ensuite traitées de manière à obtenir des informations relatives au phénomène observé, ces informations étant mises en forme en vue d'être introduites comme données d'entrée de l'algorithme de conduite du four afin de contrôler et de réguler le phénomène observé.

5 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le phénomène observé par le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est la répartition de la composition de verre introduite dans le four, de la position des mottes, de leur vitesse ainsi que des divers paramètres liés à l'aspect de la fusion de la composition à la surface du bain de verre.

6 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le phénomène observé par le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est le fonctionnement des brûleurs, notamment la forme et la répartition des flammes de ces derniers à l'intérieur du four.

7 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le phénomène observé par le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est le mouvement des courants de convection dans le bain de verre notamment en vue d'optimiser la fusion et/ou l'affinage dudit verre, d'en contrôler la qualité et de limiter l'usure des réfractaires composant la cuve de rétention dans le four de fusion de verre.

8 - Dispositif de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que le phénomène observé par le moyen d'acquisition et de traitement de l'image de l'intérieur du four est le fonctionnement des bouillonneurs.

9 - Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le système prédictif du type logique flou ou neuronal est conçu de façon à délivrer des informations utilisées par le régulateur flou pour la définition des consignes devant être appliquées aux différents actionneurs de commande et de contrôle des équipements du four, en fonction

FIG. 1

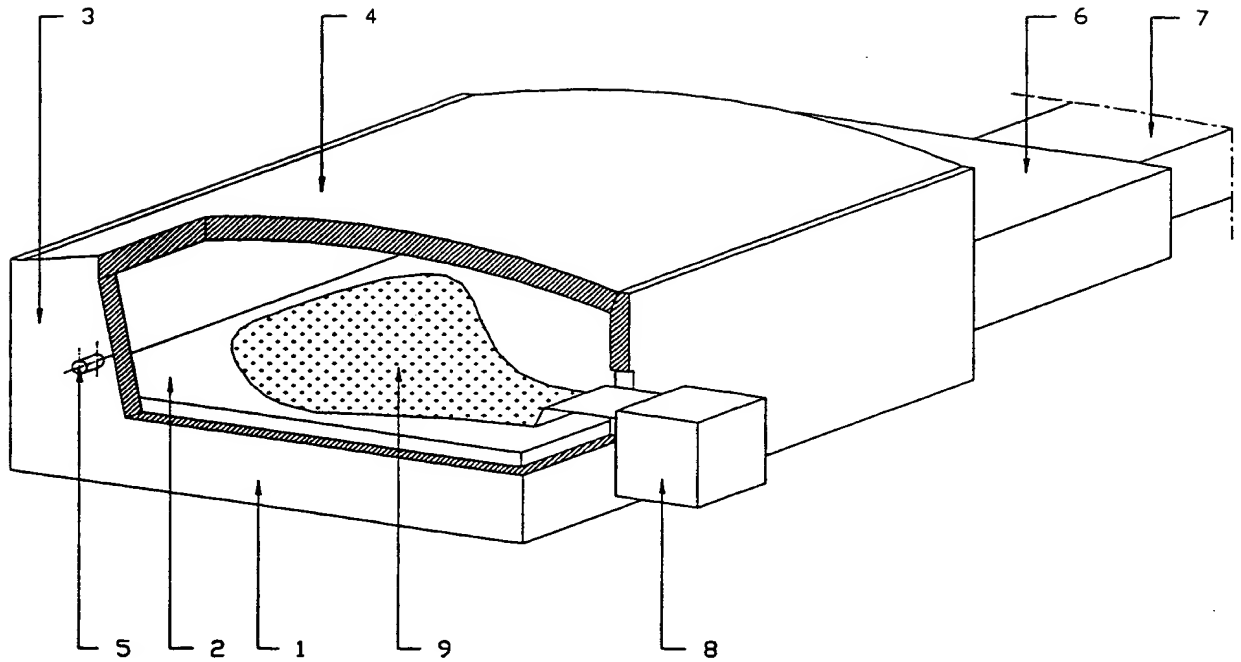


FIG. 2

